

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平4-107946

⑤ Int. Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成4年(1992)4月9日

H 01 L 21/66
G 01 N 21/88
H 01 L 21/66

J 7013-4M
2107-2J
Z 7013-4M

審査請求 未請求 請求項の数 5 (全8頁)

⑭ 発明の名称 自動外観検査装置

⑯ 特 願 平2-227171

⑰ 出 願 平2(1990)8月29日

⑱ 発 明 者 谷 口 雄 三 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所武蔵工場内
⑱ 発 明 者 遠 藤 文 昭 東京都小平市上水本町5丁目20番1号 株式会社日立製作所武蔵工場内
⑱ 発 明 者 鎌 形 孝 宏 東京都青梅市藤橋3丁目3番地2 日立東京エレクトロニクス株式会社内
⑲ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
⑲ 出 願 人 日立東京エレクトロニクス株式会社 東京都青梅市藤橋3丁目3番地2
⑳ 代 理 人 弁理士 筒井 大和

明 細 書

1. 発明の名称

自動外観検査装置

2. 特許請求の範囲

1. 被検査物の同一のパターン部分の画像を比較し、その差分値及びしきい値に基づいて欠陥を判定する自動外観検査装置であって、被検査物上の複数点の差分値データの統計量に基づいてしきい値を決定することを特徴とする自動外観検査装置。
2. 差分値分布のうち、欠陥部に対応して差分値が異常に大きくなる部分を処理データから除去することを特徴とする請求項1記載の自動外観検査装置。
3. 被検査物上の複数点での画像信号の差分値の最大値または差分値の累積頻度分布を求め、差分値の最大値から一定比率の差分値をしきい値として設定することを特徴とする請求項1記載の自動外観検査装置。
4. 被検査物の同一のパターン部分の画像を比較

し、その差分値及びしきい値に基づいて欠陥を判定する自動外観検査装置であって、被検査物の品種毎のしきい値を記憶するしきい値設定手段と、しきい値を所定間隔に求め、その各々における検出欠陥数が急増する変化点を最適しきい値として設定するしきい値設定手段とを具備することを特徴とする自動外観検査装置。

5. 前記しきい値設定手段は、被検査物上の複数点での画像信号の差分値の最大値または差分値の累積頻度分布を求め、差分値の最大値から一定比率の差分値をしきい値として設定し、このしきい値を基準にして前後に複数のしきい値を決定する手段を含むことを特徴とする請求項4記載の自動外観検査装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体ウェハなどの物体の表面の外観を検査する技術、特に、半導体装置の製造工程における外観検査を自動的に行うために用いて効果のある技術に関するものである。

〔従来の技術〕

例えば、LSI（大規模集積回路）の量産をするに際して最も問題となるのは、半導体素子形成するウェハ処理工程の歩留り向上である。この歩留り低下の殆どの原因が外観不良であり、この低減は重要な課題になっている。このため、ウェハ外観検査の自動化が必要になる。

ところで、本発明者は、半導体ウェハ、基板、マスク、レチクル、液晶などの外観検査を差分値処理を用いて行う場合のしきい値の設定の問題について検討した。

以下は、本発明者によって検討された技術であり、その概要は次の通りである。

この種の外観検査のための画像処理においては、検査対象をテレビカメラなどで撮像し、その2チップ間の画像パターンを比較して得た差分値を用い、さらに、しきい値を設定して欠陥判定を行っている。

しきい値を設定する方法として、例えば、画像の差分面積を求め、その最大面積の変化に応じて

ず、欠陥の有無を目視によって確認しなければならないという問題のあることが本発明者によって見出された。

そこで、本発明の目的は、簡単かつ的確にしきい値の設定を行うことのできる技術を提供することにある。

本発明の前記目的と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

〔課題を解決するための手段〕

本願において開示される発明のうち、代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下の通りである。

すなわち、被検査物の同一のパターン部分の画像を比較し、その差分値及びしきい値に基づいて欠陥を判定する自動外観検査装置であって、被検査物上の複数点の差分値データの統計量に基づいてしきい値を決定するものである。

〔作用〕

上記した手段によれば、被検査物上の複数点の差分値データの統計量に基づいて決定されたしき

い値を自動的にしきい値を設定する方法、正常パターン部の誤検出率を基にしきい値を設定する方法などが知られている。

なお、検査対象が半導体ウェハの場合、半導体ウェハを搭載したX-Yステージの移動の際の僅かな振動、及び半導体ウェハのパターンの寸法差（製品の精度ばらつき、例えば、チップの層形成段階でのパターンの幅の違いなど）などが誤検出の原因になる。このため、機械的精度及び製品精度によって検出感度が決定され、しきい値は機械的精度及び製品精度を考慮して決定する必要がある。

〔発明が解決しようとする課題〕

ところが、前記の如く差分面積の最大面積を判断規準とする方法では、入力画像点に欠陥が含まれている場合、欠陥部が最大面積として検出されるためにしきい値を求めることができず、また、正常パターン部の誤検出率を基にしきい値を設定する方法では、欠陥の含まれていない正常パターン部を識別する点についての配慮がなされておら

い値は、最適しきい値のおおよその決定値として設定でき、或いは基準となる中心値として用いることができる。したがって、最適な欠陥検出しきい値の設定を自動かつ短時間に行うことが可能になる。

〔実施例1〕

第1図は本発明による自動外観検査装置の一実施例を示すブロック図である。

X方向及びY方向へ自在に移動可能なX-Yステージ1の上面には試料台2が取り付けられ、この試料台上に試料（半導体ウェハ）3がセットされる。一方、被検査物である試料3の表面を照明するために光源4が設けられ、その光路上に集光レンズ5が配設されている。

試料3の上部には対物レンズ6が配設され、この上部でかつ集光レンズ5の出射光路上にハーフミラー7が配設されている。さらに、対物レンズ6の合焦位置には撮像手段8が配設されている。この撮像手段8は、試料3からの反射光を光電変換するもので、一次元ラインセンサあるいは二次

元的なI T V (工業用テレビ) カメラを用いて構成される。撮像手段8には、その画像信号を増幅、歪み補正、A/D変換などを行うための信号処理回路9が接続され、この信号処理回路9にはデジタル化された画像信号を記憶するための画像記憶部10が接続されている。

信号処理回路9には、画像記憶部10の出力信号と信号処理回路9との間の信号との差分を検出する差分検出回路11が接続され、この差分検出回路11にはパターン上の欠陥を判定する欠陥判定部12が接続されている。

差分検出回路11には、その検出結果を記憶する差分画像記憶部13が接続され、欠陥判定部12にはしきい値を記憶するしきい値レジスタ14が接続されている。さらに、差分画像記憶部13の差分データに基づいてしきい値レジスタ14のしきい値を選択するためにマイクロコンピュータなどを用いた主制御部15が設けられている。

以上の構成において、外観検査を行うには、まず、試料台2上に試料3を載置し、光源4を点灯

する。その出力光は集光レンズ5を経てハーフミラー7に到達し、さらに対物レンズ6によって試料3上に到達する。試料3の照明部分の反射光は、ハーフミラー7を通過して撮像手段8にパターンを結像する。撮像手段8によって光電変換された画像信号は、信号処理回路9によって信号処理ののち、画像記憶部10に一時的に記憶される。

この画像記憶部10に記憶された他のチップの画像信号と信号処理回路9から直接出力された現チップの画像信号とが差分検出回路11によって比較され、両画像信号の差分がとられ、その差分信号は差分画像記憶部13に記憶される。

主制御部15は、差分画像記憶部13に記憶されている差分データに基づいて最適なしきい値を演算し、しきい値レジスタ14にしきい値を設定する。

つぎに、半導体ウェハを例にとり、欠陥を検出する方法について説明する。

第2図は半導体ウェハの構成を示す平面図である。試料3は、円板状のシリコン基板3aの片面

に多数のチップ3bが格子状に配設されている。

このような半導体ウェハ3に対し、例えば、C C D (電荷結合素子) などの一次元ラインセンサを撮像手段8に用いた場合、第3図に示すように、隣接する2つのチップ3bに対し、まず左側のチップ3bを検査幅W₁で画像信号Aを取り込み、これを信号処理回路9による処理加工ののち画像記憶部10へ格納する。ついで、同一の検査幅W₁によって右側のチップ3bを画像信号Bとして撮像し、信号処理回路9によって処理ののち画像記憶部10へ格納することなく差分検出回路11へ送出する。差分検出回路11では、第3図の2つの画像信号(斜線部)を比較し、その差が一定以上であるときに欠陥を判定する。

また、I T Vにより撮像手段8を構成した場合、第4図に示すように、隣接する2つのチップ3bに対し、まず左側のチップ3bを検査幅W₁で画像信号Cを取り込み、第3図の場合と同様に、これを信号処理回路9による処理加工ののち画像記憶部10へ格納する。ついで、同一の検査幅W₁

によって右側のチップ3bを画像信号Dとして撮像し、信号処理回路9によって処理ののち画像記憶部10へ格納することなく差分検出回路11へ送出する。差分検出回路11では、第3図の2つの画像信号(斜線部)を比較し、その差が一定以上であるときに欠陥を判定する。

第5図及び第6図は2つのチップの同一位置におけるパターンを比較したときの差分信号の表れ方を説明したものである。第5図に示すように、パターン1が比較の基準となる正常部を示し、パターン2が欠陥16を含んだ比較対象である。なお、パターン幅(パターン寸法)が、両者で僅かに異なるが、他の寸法差は欠陥ではないものとする。このようなパターンの画像信号の差の絶対値をとると、第6図のように、欠陥部の差分信号も出るが、同時にパターン寸法差のために正常部でも差分信号が出る。

欠陥のみを正しく検出し、正常部を欠陥として検出しないようにするためには、正常部での差分信号の値が問題になる。したがって、欠陥検出の

ためのしきい値が正常部を欠陥と判定しないような値にする必要がある。

次に、本発明の特徴である最適しきい値の設定原理について説明する。

第7図はしきい値と欠陥検出率および誤検出の関係を定性的に示した説明図である。

一般に、しきい値を低くしていくと、或るしきい値以下で急激に誤検出が増加する。一方、欠陥検出率は、誤検出率ほど急激には増加しない。したがって最適しきい値は、第8図中に示すように、誤検出がそれほど多くならない値に設定すれば、効率のよい検査が可能になる。

第8図は一定範囲の2つの画像信号を比較し、その差分信号の値と頻度の関係を示す説明図である。図より明らかなように、差分値の頻度は差分値が大きくなると急激に減少する。しかし、欠陥部が画像内に存在すると、最適しきい値より高い値の点に差分値が発生する。したがって、複数点の画像を基に、第8図に示す差分値の頻度分布をとり、各画像入力点での最大差分値 (d_i) をとり、

ここで、最大差分値の平均値を S_{ave} 、最大差分値の標準偏差を σ 、最適しきい値を TH とすると、最適しきい値 TH は次式で表される。

$$TH = S_{ave} + n\sigma$$

ここで、 n は実数であり、発明者らの実験によれば、 $n = 2$ 程度で最良の結果が得られた。

ヒストグラム算出は、予め設定した回数 N に達するまで続けられ (ステップ94)、 N 回に達した時点で差分最大値のヒストグラムの平均値を算出し、これを初期しきい値 TH_0 とする (ステップ95)。

次に、検査領域を指定 (複数のチップのどれを検査対象とするかの指定) し (ステップ101)、ステップ95による初期しきい値 TH_0 をしきい値 TH_0 としてしきい値レジスタ14に格納する (ステップ102)。ついで、 $X-Y$ ステージ1を駆動して自動検査を開始し (ステップ103)、さらに欠陥候補の検出数をデータテーブルへ格納する (ステップ104)。

そして、初期しきい値 TH_0 を中心に、その上

最大差分値が比較的大きな値となった画像入力点を欠陥の存在する可能性がある領域とみなし、これ以外の画像入力点での最大差分値をもとに最適しきい値を算出する。

次に、第9図～第13図を参照して本発明の最適しきい値決定処理の詳細について説明する。第9図は本発明における初期しきい値推定処理を示すフローチャート、第10図は最適しきい値を自動設定する処理を示すフローチャート、第11図は最大差分値と頻度の関係を示す説明図、第12図はしきい値と検出数の関係を示す説明図、第13図は差分値と累積頻度 (比率) の関係を示す説明図である。なお、以下においては、差分検出から以降についての処理を説明する。

差分を検出 (ステップ91) したのち、差分の最大値を検出する (ステップ92)。ついで、差分最大値のヒストグラムを算出する (ステップ93)。すなわち、第11図に示すように、画像入力点が異なるとパターン形状も異なり、最大差分値にばらつきが生じる。

下の複数点 (本実施例では $M = 5$ の5点) のしきい値を求める (ステップ105、106)。 M 点のしきい値を求め終わったら、第12図のようなグラフを作成する (ステップ107)。

第12図において、曲線の平坦部は実欠陥検出領域を示し、勾配部は誤検出領域を示している。ここで、初期しきい値 TH_0 を中心に求めた上下のしきい値 TH_1 、 TH_2 、 TH_3 、 TH_4 の相互間の検出数 (欠陥候補) の差を求め、検出数の差すなわち第12図の曲線の傾きの急変する点 (図中の TH_0) が最適しきい値として妥当か否かを判定する (ステップ108)。

仮に、 TH_0 付近の曲線の差が小さい場合、しきい値の値が高すぎるので低くなるように最適しきい値を修正する。逆に、曲線の傾きが急すぎれば、しきい値の値が低すぎるので高くなるように最適しきい値を修正する。

なお、以上の処理においては、初期しきい値 TH_0 を求めることなく、一定間隔に多数のしきい値を設定して検出数を求め、各しきい値間の傾き

の急変するところを求めることにより最適しきい値を求めることができる。

〔実施例2〕

第13図は本発明による最適しきい値の他の求め方の他の実施例を示す説明図である。

この例では、複数点の正常パターン部の画像入力点での差分値累積頻度分布を全て累積し、図中の斜線部の比率Sが一定比率以下になる値を最適しきい値THにしている。この場合、比率Sの値は実験的に 10^{-3} 程度であり、画像入力点の数は前記比率Sを高信頼度に求め得るだけのデータを取れるようにする。

以上、本発明によってなされた発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

例えば、以上の実施例では、最適しきい値を求めるに際し、差分値の分布を基に統計的に処理する方法であれば、他のどのような方法を用いても

よい。

以上の説明では、主として本発明者によってなされた発明をその利用分野である半導体ウェハの外観検査に適用する場合について説明したが、これに限定されるものではなく、例えば、プリント基板、液晶、レチクル、マスクなどの外観検査に適用することも可能である。

〔発明の効果〕

本願において開示される発明のうち、代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば下記の通りである。

すなわち、被検査物の同一のパターン部分の画像を比較し、その差分値及びしきい値に基づいて欠陥を判定する自動外観検査装置であって、被検査物上の複数点の差分値データの統計量に基づいてしきい値を決定するようにしたので、最適な欠陥検出しきい値の設定を自動、かつ短時間に行うことが可能になり、装置稼働率の向上及び作業者の負担を軽減することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による自動外観検査装置の一実施例を示すブロック図、

第2図は半導体ウェハの構成を示す平面図、

第3図は一次元ラインセンサを用いた場合の比較検査説明図、

第4図はITVを用いた場合の比較検査説明図、

第5図は正常パターンと欠陥パターンの一例を示す説明図、

第6図は第5図のパターンに対応する差分値出力特性図、

第7図はしきい値と欠陥検出率および誤検出の関係を定性的に示した説明図、

第8図は一定範囲の2つの画像信号を比較し、その差分信号の値と頻度の関係を示す説明図、

第9図は本発明における初期しきい値推定処理を示すフローチャート、

第10図は最適しきい値を自動設定する処理を示すフローチャート、

第11図は最大差分値と頻度の関係を示す説明図、

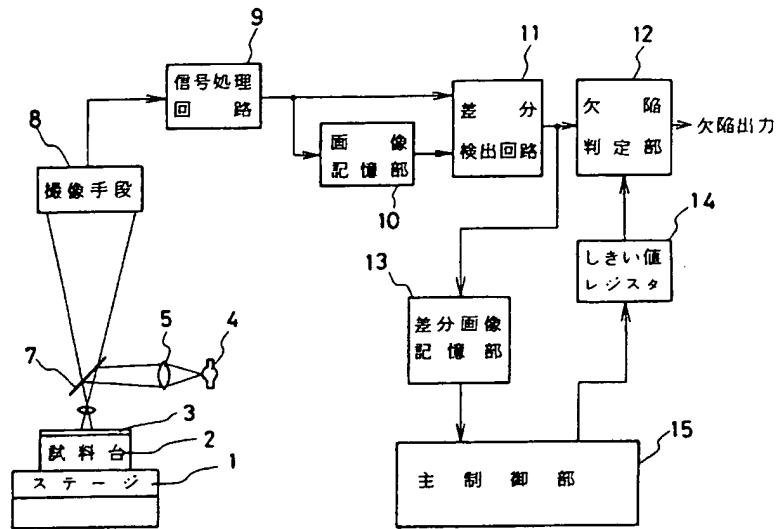
第12図はしきい値と検出数の関係を示す説明図、

第13図は差分値と累積頻度(比率)の関係の他の実施例を示す説明図である。

1・・・X-Yステージ、2・・・試料台、3・・・試料、3a・・・シリコン基板、3b・・・チップ、4・・・光源、5・・・集光レンズ、6・・・対物レンズ、7・・・ハーフミラー、8・・・撮像手段、9・・・信号処理回路、10・・・画像記憶部、11・・・差分検出回路、12・・・欠陥判定部、13・・・差分画像記憶部、14・・・しきい値レジスタ、15・・・主制御部、16・・・欠陥。

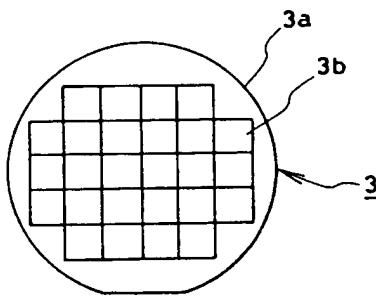
代理人 弁理士 簡 井 大 和

第 1 図

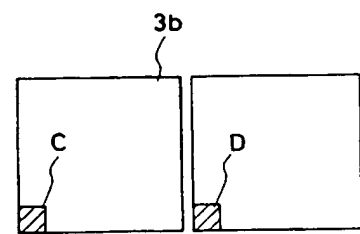


- | | |
|--------------|---------------|
| 1 : X-Y ステージ | 10 : 画像記憶部 |
| 2 : 試料 | 11 : 差分検出回路 |
| 3 : 光源 | 12 : 欠陥判定部 |
| 4 : ハーフミラー | 13 : 差分画像記憶部 |
| 5 : 撮像手段 | 14 : しきい値レジスタ |
| 6 : 信号処理回路 | 15 : 主制御部 |

第 2 図

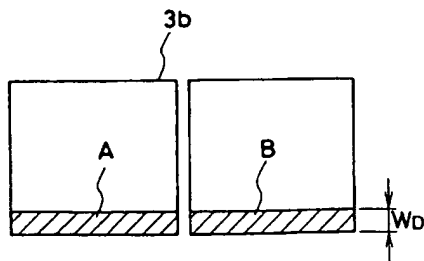


第 4 図

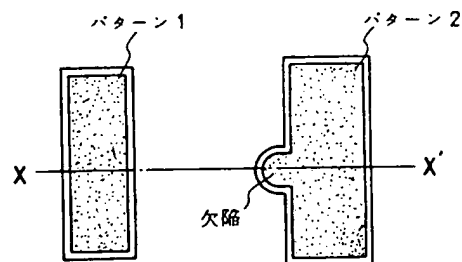


第 3 図

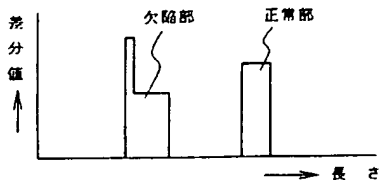
- 3 : 試料
3a : シリコン基板
3b : チップ



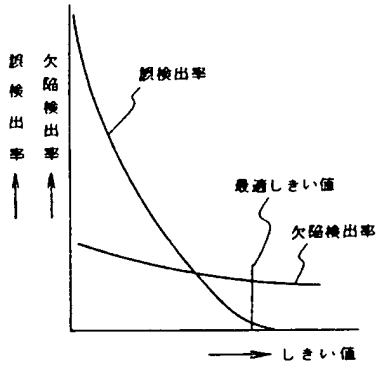
第 5 図



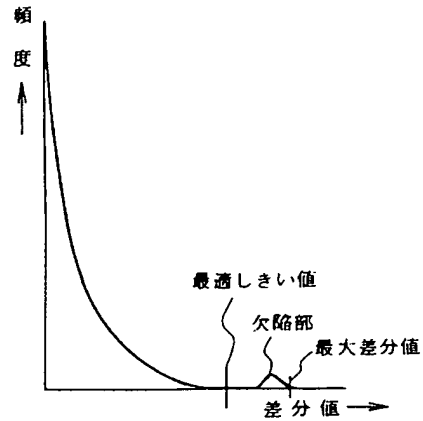
第 6 図



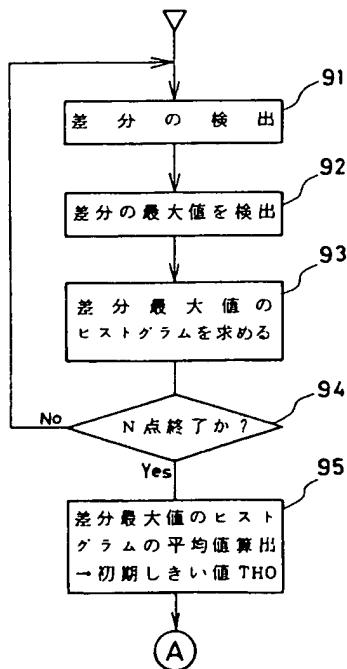
第 7 図



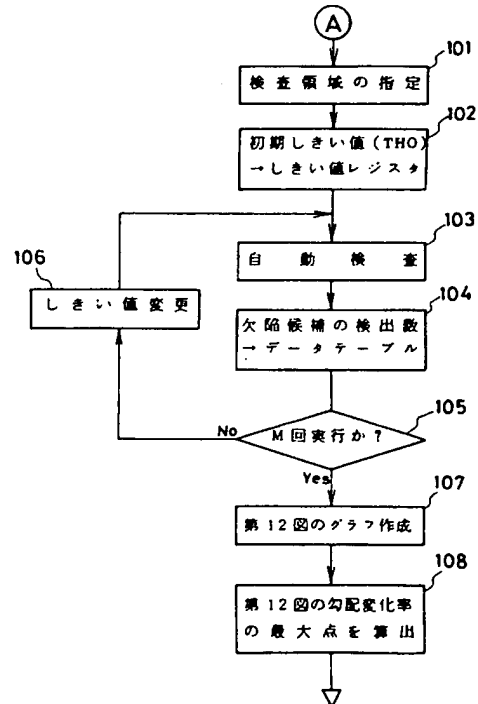
第 8 図



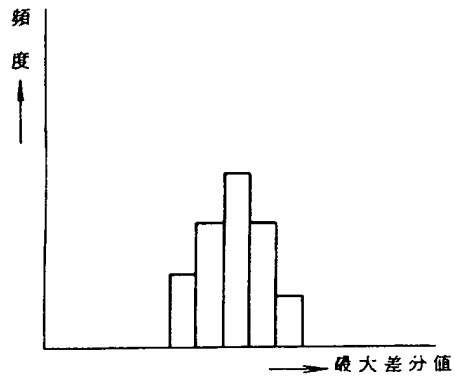
第 9 図



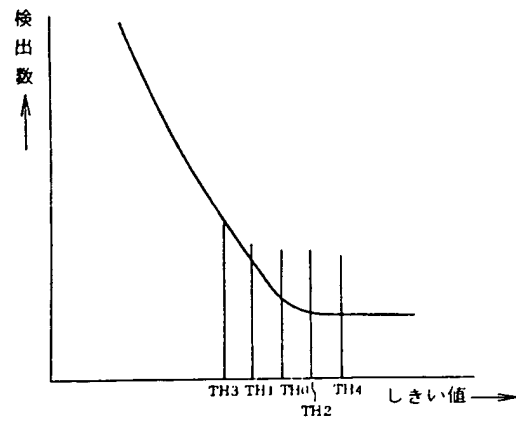
第 10 図



第 11 図



第 12 図



第 13 図

